



資料 2-4
科学技術・学術審議会
先端研究基盤部会
数学イノベーション委員会
(第4回) H24.1.26

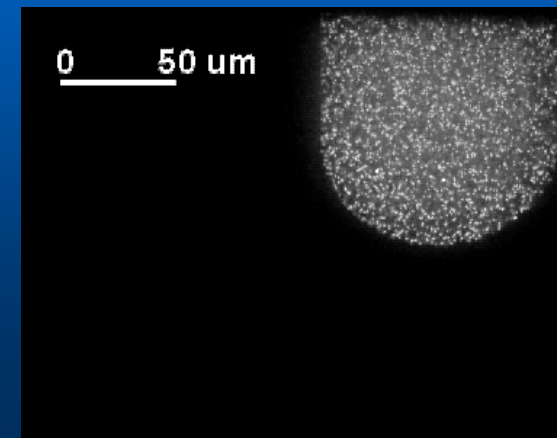
数学イノベーション委員会
2012年1月26日 (土)

バイオメカニクスを例に工学分野において 数学・数理科学の果たす役割

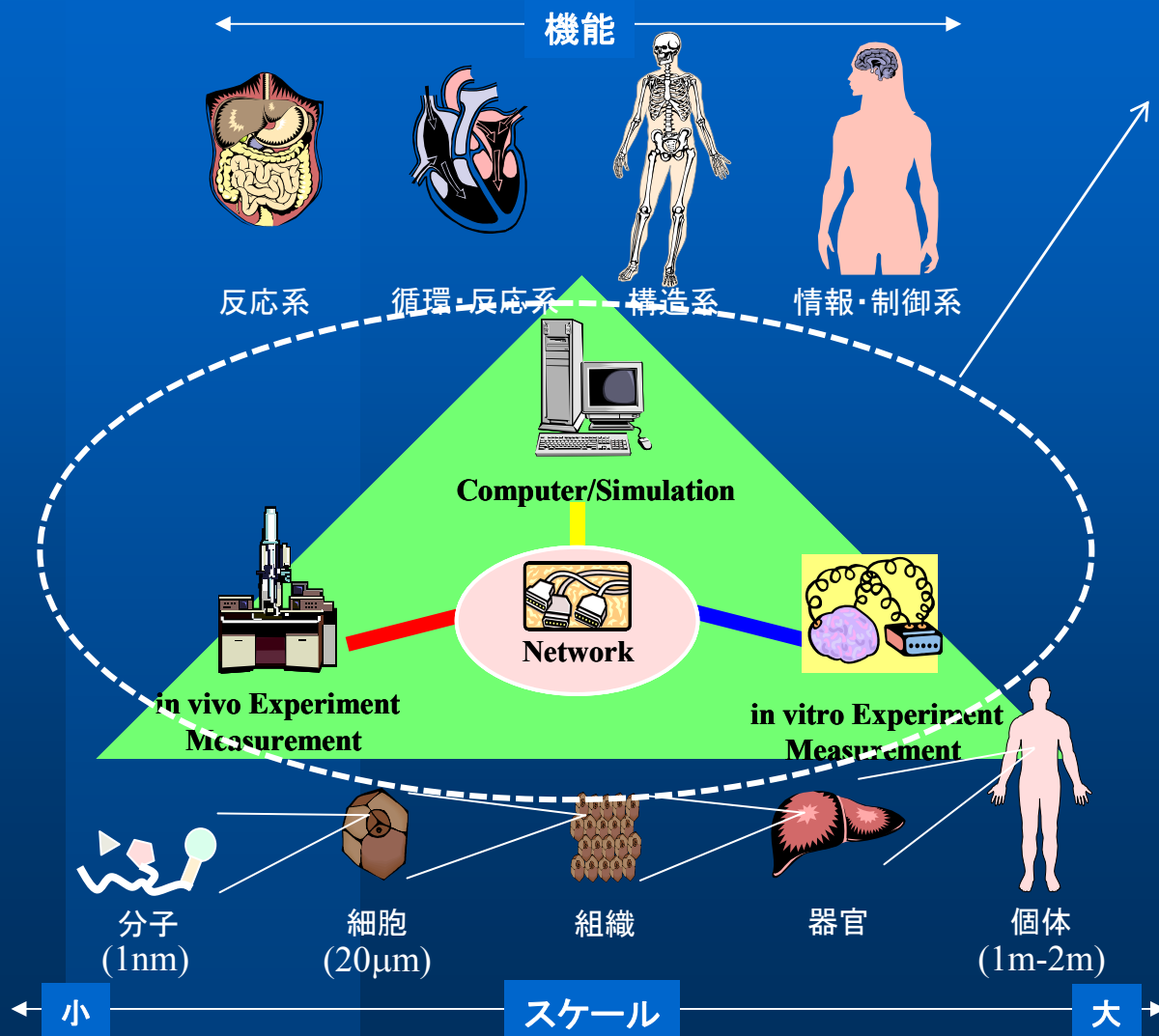
東京大学大学院情報学環・生産技術研究所

大島 まり

<http://oshimalab.iis.u-tokyo.ac.jp>



生命システム（機能とスケール）



•生命現象の解明

* in vivo系

* in vitro系

* シミュレーション系



多岐のスケールにわたり複雑に連成している現象を階層的にかつ統合的に取組む必要あり

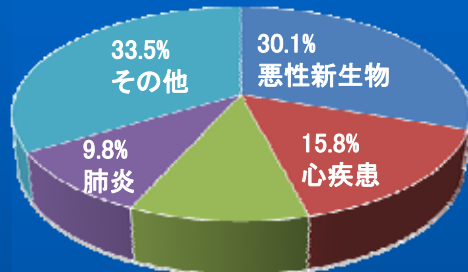


数理モデリング
数値解析アルゴリズム
データマイニング...

数学・数理学
の必要性かつ重要

循環器系の疾患とは？

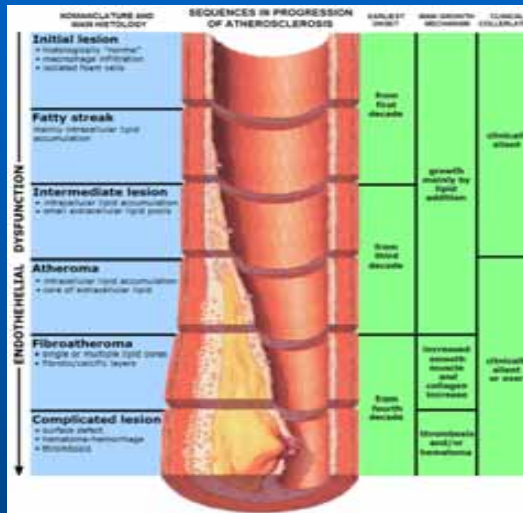
日本人の死亡原因



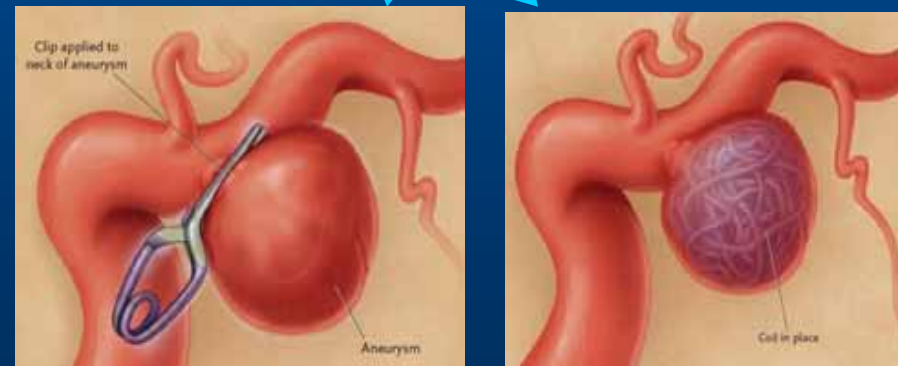
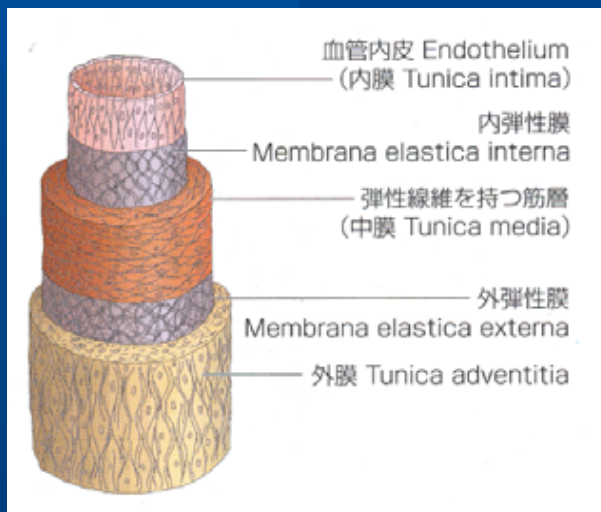
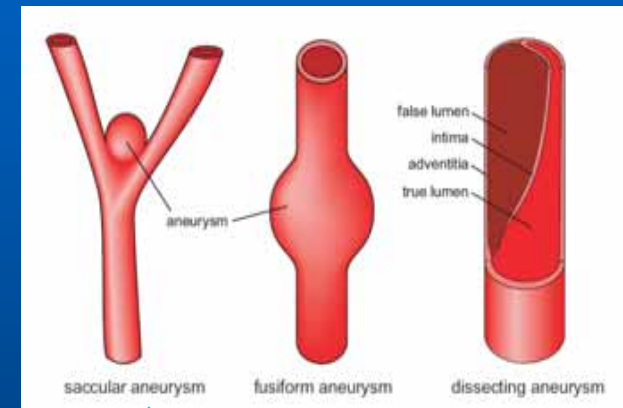
脳血管疾患 10.7%

厚生労働省の人口動態統計2009年

①脳梗塞(動脈硬化)



②くも膜下出血(脳動脈瘤破裂)



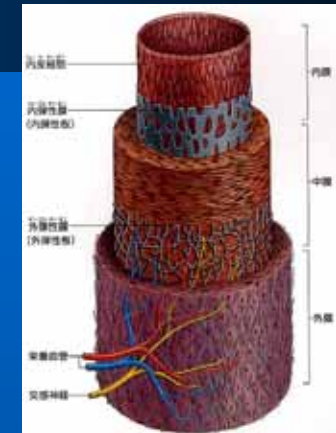
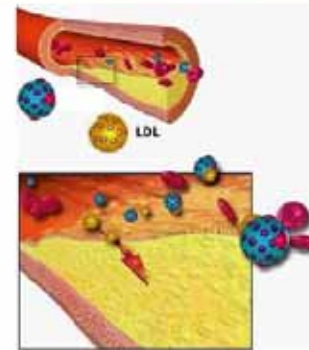
脳動脈瘤の治療法

血管病変と血行動態

動脈硬化症(アテローム(粥状)硬化)

- ・症状: 動脈壁の肥厚や弾力性が失われる病変
- ・発症部位: 偏在(低壁面せん断応力)

血液中のLDL(Low Density Lipoprotein)濃度の増加
血管壁内にLDLが過剰に蓄積・酸化
マクロファージがLDLを取り込み,膨張
泡沫細胞の形成
血管壁付近での血行動態が関与?



血流の力学的刺激
による内皮細胞の
変化



血管組織の変性

脳動脈瘤

- ・症状: 比較的太い脳血管に生じる瘤
(クモ膜下出血の主要因)
- ・発症の特長:
部位の偏在(高壁面せん断応力)
年齢の偏在(40~50代)



内弾性板が断裂
特徴的な血管形状に起因する血行動態が関与?

血行動態とそれが血管壁に与える影響の把握

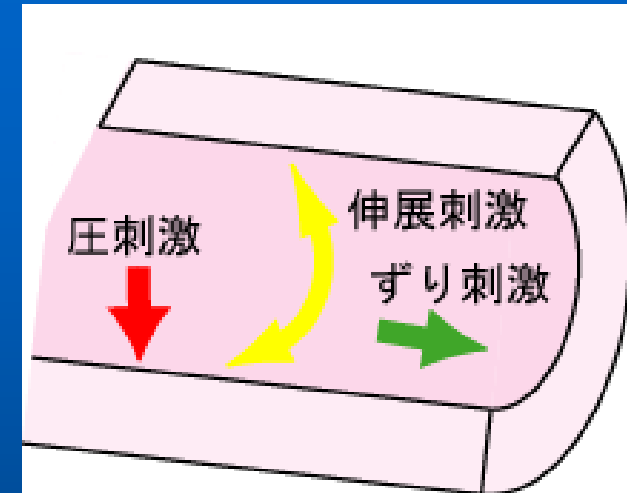
血流による力学的刺激

- 循環器系疾患の発症メカニズム

- 血流が血管壁に及ぼす

- ・ 壁面せん断応力(ずり刺激)
- ・ 圧刺激(血圧)
- ・ 伸展刺激(血管壁の伸縮)

と病変との関わりが指摘されている*1,2



- 血管最内面に存在する内皮細胞

- ・ 直接血流による刺激を受ける
- ・ 特に壁面せん断応力の影響を受ける*3
- ・ 機能変化(物質の取り込み量、等)が変化する*4

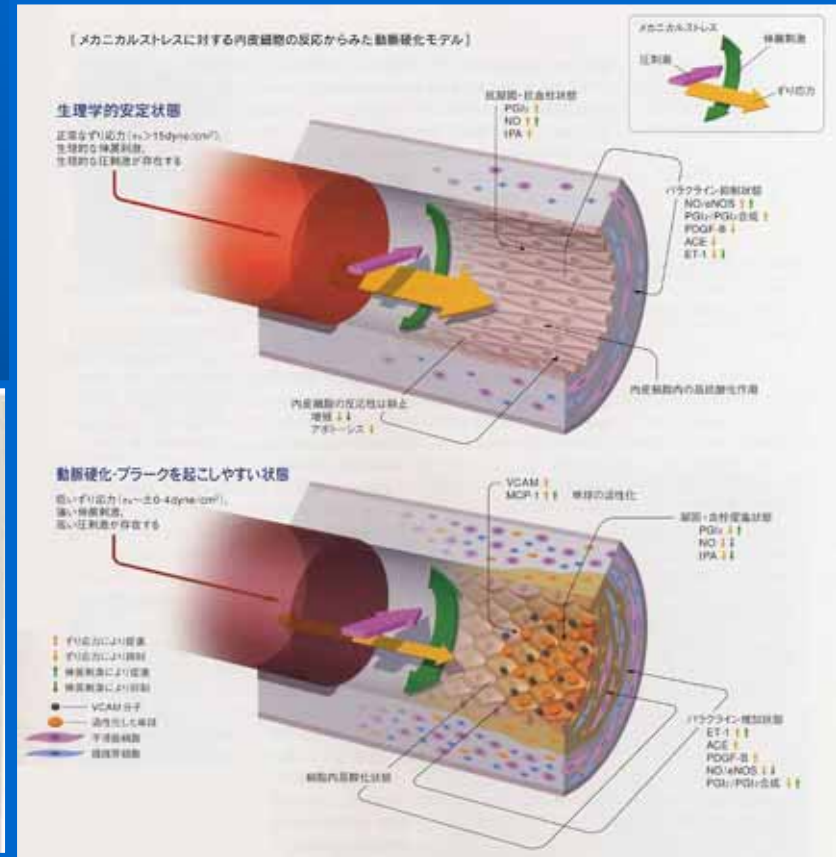


流体(血行)力学的観点からの病変の要因解明のアプローチ

*1 Ross, Nature, 1993 *2 Caro et al, Nature, 1969 *3飯田ら, バイオエンジニアリング講演会講演論文集, 2007 *4工藤ら, 機論, 1998

内皮細胞の力学的応答

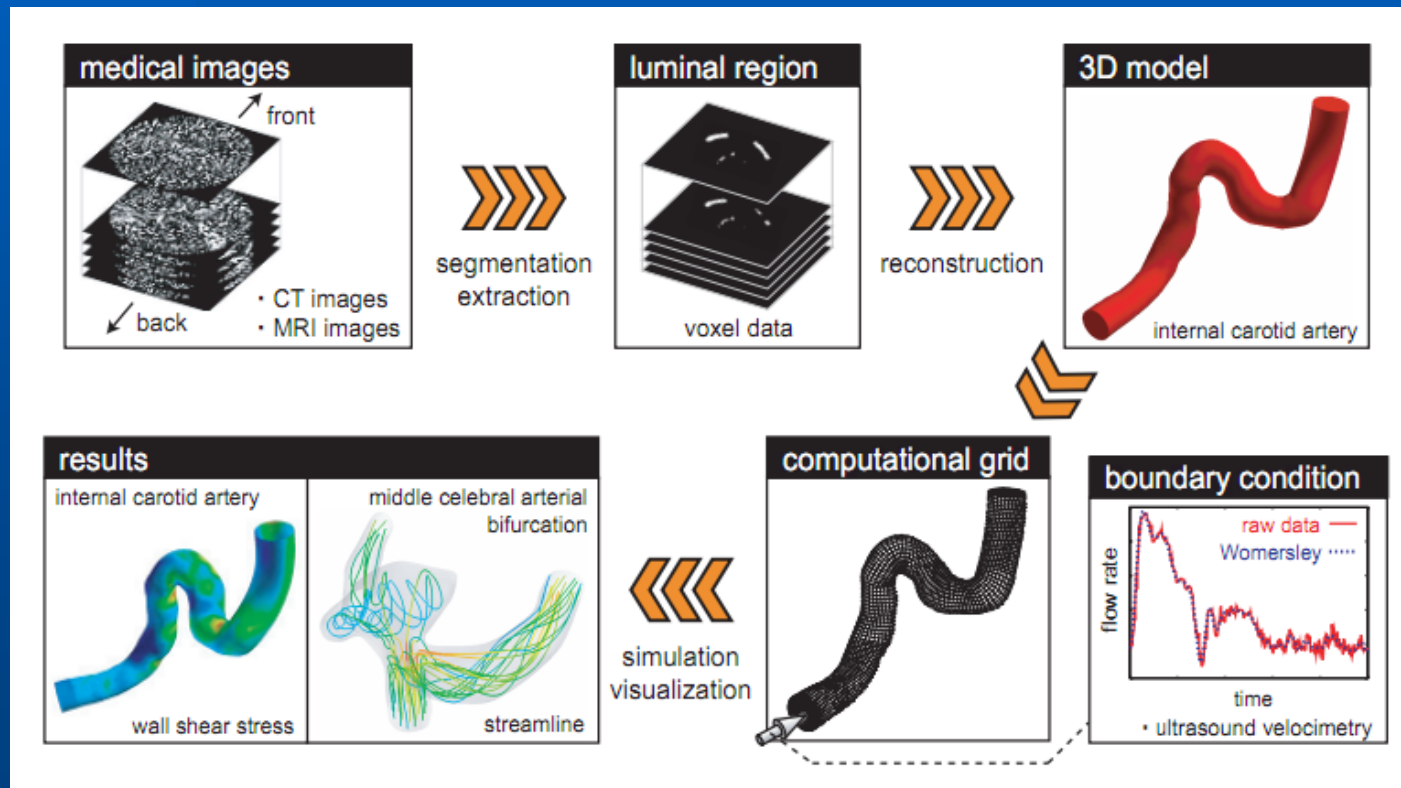
- 力学的刺激に対する血管壁の応答 (メカトランスダクション)
 - 内皮細胞の配向
 - 中膜組織の変性 ...など



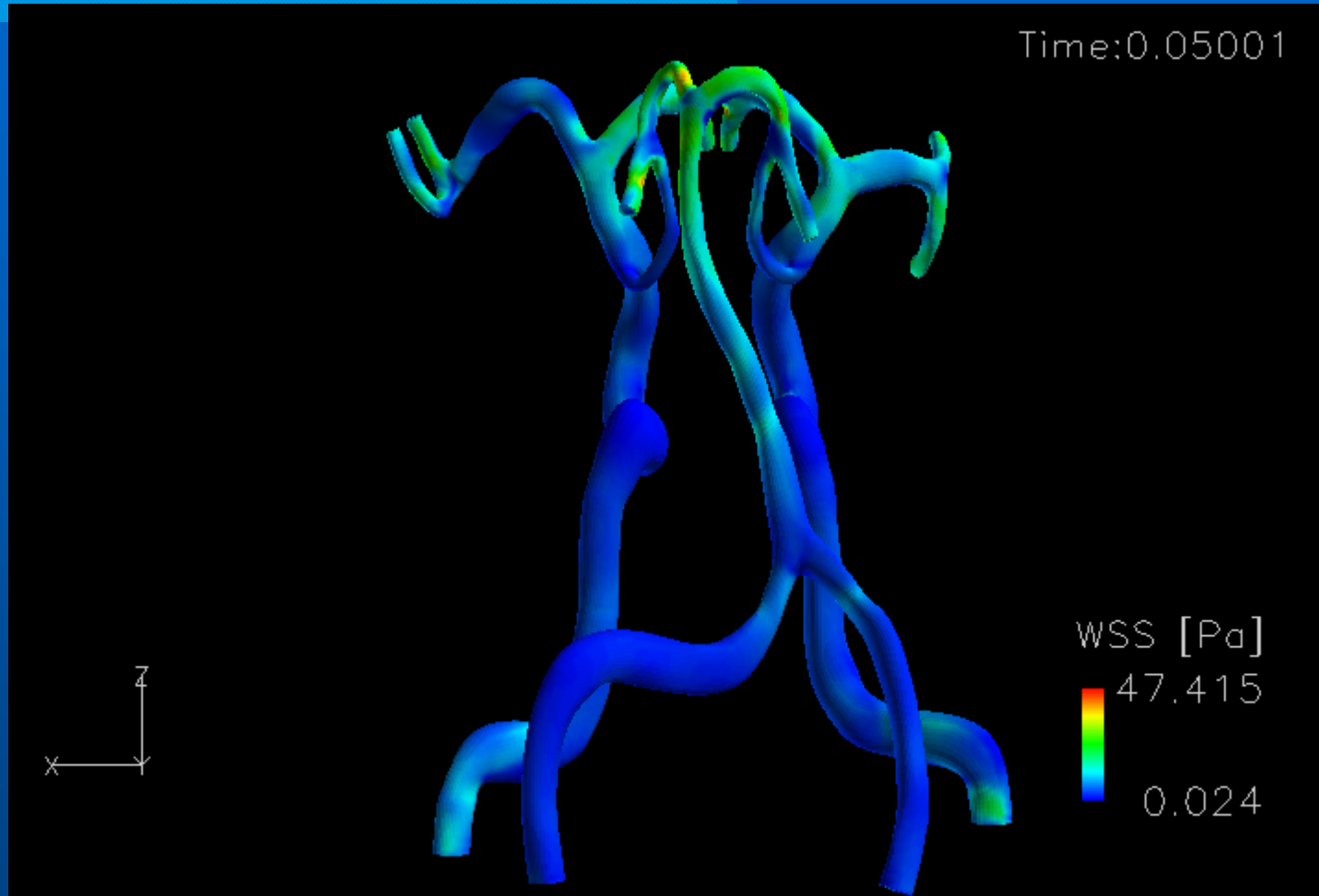
- 動脈硬化においては既に低せん断と病変の関連が示されている (A. M. Malek, et al., JAMA, 1999)

Patient-Specific Image-Based Modeling と血流シミュレーション

血管の形状に起因する血行動態をパラメトリックに追跡し、定量評価することにより、医用画像から疾患の発症、進展などの予測を行う。



脳内循環などの情報を得ることが可能

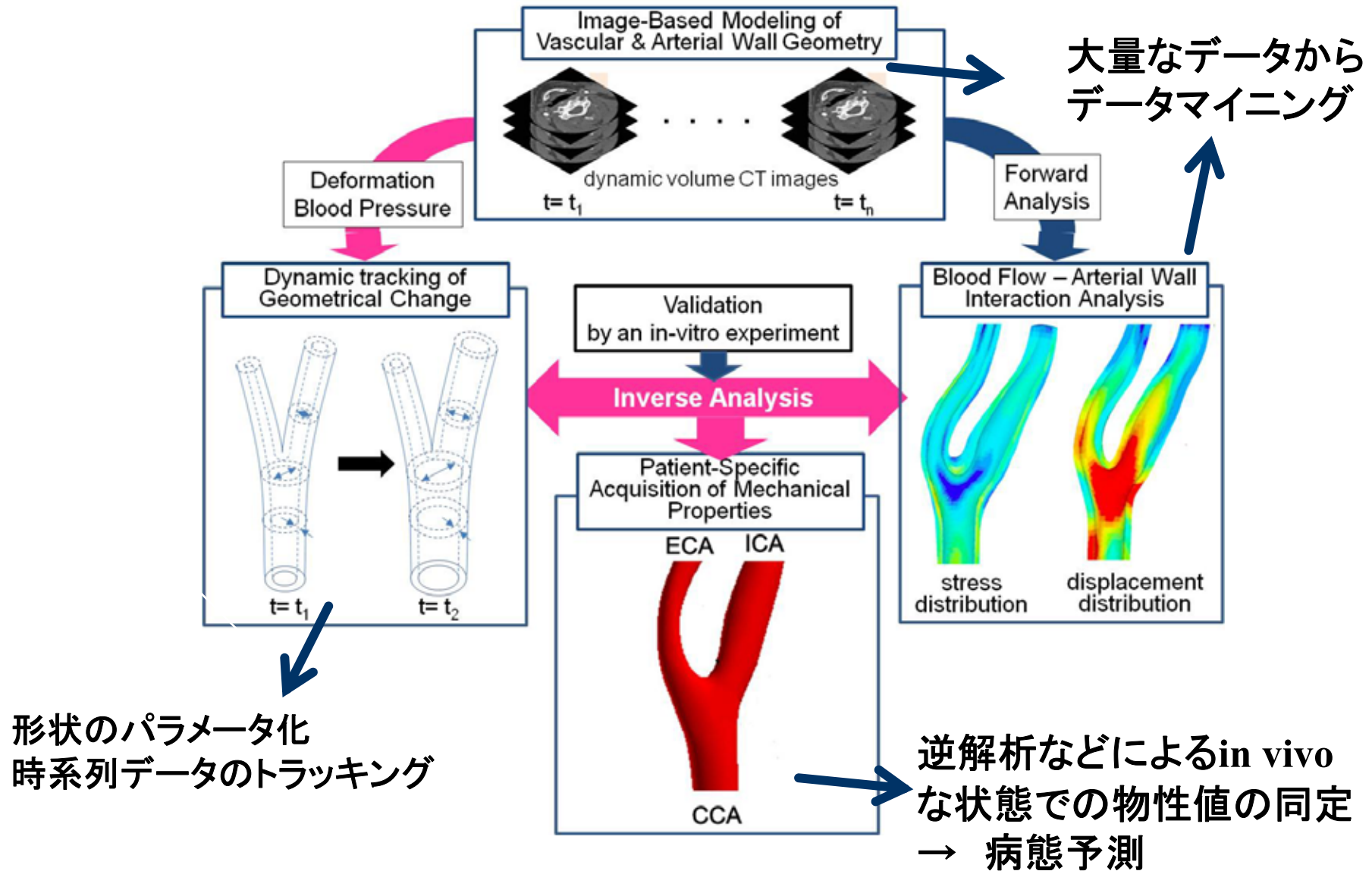


医用画像などのin vitroでは得られないことのできない情報を得ることが可能となってきた。

課題

- 医用画像のモデリング
 - 形状のパラメータ化
 - 時系列データからの変化量の定量的なトラックキング
 - 力学的な物理量(ひずみ等)の変化量の抽出
 - 医用画像からのin vivoな物性値や病態の予測
 - 逆解析
- シミュレーションのための数理モデル
 - 連成モデル(力学と生理学、等)
 - 階層間を融合するモデル(組織と細胞の情報伝達、等)
- シミュレーションとin vivo若しくはin vitroデータとの融合
 - データマイニング
 - シミュレーションにおけるin vivoあるいはin vitroデータの誤差の伝搬と精度評価
- 手術プランニングのための最適化設計

研究の例



数学・数理科学の果たす役割

- バイオメカニクスを中心に見てきたが、工学で扱う問題はマルチスケールでマルチフィジックスの方向性（既に古く、当たり前前の概念となっている。）
- 産業界への技術の応用では、精度評価、最適設計、逆問題による予測なども必要となる。



多く的人是は数学・数理科学の重要性は認識している。

レベル1: 数学が必要なことは分かるが、どのようにアプローチ(手法、あるいは人も含め)したらいいか分からない

レベル2; どのような数学が必要なのかある程度分かるが、具体的なことには精通していない

レベル3; 自分で解決できる

レベル4: 新しい分野の創成へと発展できる

数学・数理と工学の出会いの場の創成と 更なる展開

- レベル1と2の人が大半を占めると考えられる。
 - * 自分が抱えている問題がどのようなレベルなのかが判断できないため、躊躇することが多い。
 - * 数学がツールとして必要なことが多いため、数学・数理科学者にとっては研究分野とならず、win-winの関係になりにくい
 - ・気軽な出会いの場
 - ・目利きのあるいは相談できる機関(あるいは人)により、方向性を示してくれるだけでも随分違う。
 - 数学・数理科学者にとって新しい研究のシーズの発掘につながるよう、問題をある程度選別できるのでは。
- レベル1の人がレベル2に移るように上のレベルの人口を増やす必要がある。
 - 高等教育における数学・数理科学教育の促進と充実化